

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-339678

(43)Date of publication of application : 22.12.1998

(51)Int.Cl.

G01L 3/10

(21)Application number : 09-149518

(71)Applicant : TOYOTA AUTOM LOOM WORKS LTD

(22)Date of filing : 06.06.1997

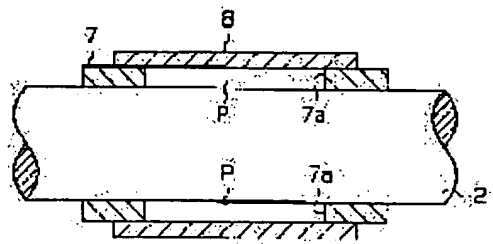
(72)Inventor : OODATE TAJI  
KATAOKA KOHEI  
KASHIWAGI YOICHIRO  
TANAKA KATSUAKI

## (54) TORQUE SENSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To raise the sensitivity of detection of a magnetostriction type torque sensor by increasing effective magnetic flux passing through a magnetostrictive material.

**SOLUTION:** Concerning to a magnetostriction type torque sensor to be fitted to the steering shaft 2 of a car, a cylindrical magnetostrictive material to be fixed to the shaft 2 is fitted onto the shaft 2 through the medium of an intermediate sleeve 7 so as to generate strain by the torsion of the shaft 2. In the intermediate sleeve 7, a plurality of window holes 7a is formed at equal intervals circumferentially at regions where the magnetostrictive material 8 is fitted. The shaft 2 has the same diameter at a region where the magnetostrictive material 8 is fixed, and air gaps P are formed between the magnetostrictive material 8 and the shaft 2 by the window holes 7a.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-339678

(43) 公開日 平成10年(1998)12月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 L 3/10

識別記号

F I

G 0 1 L 3/10

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-149518

(22) 出願日 平成9年(1997)6月6日

(71) 出願人 000003218

株式会社豊田自動織機製作所

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地

(72) 発明者 大立 泰治

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会

社豊田自動織機製作所内

(72) 発明者 片岡 康平

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会

社豊田自動織機製作所内

(72) 発明者 柏木 陽一郎

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会

社豊田自動織機製作所内

(74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

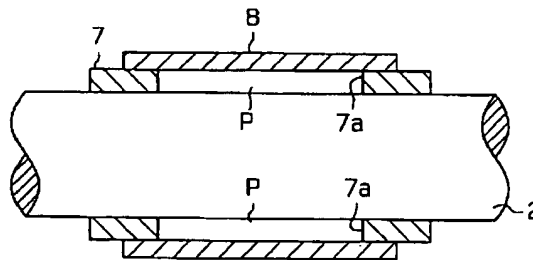
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トルクセンサ

(57) 【要約】

【課題】 磁歪式のトルクセンサにおいて、磁歪材を通る有効磁束を増やして検出感度を向上させる。

【解決手段】 自動車のステアリングシャフト2に装着される磁歪式トルクセンサは、シャフト2の捻じれによって歪みが生じるようにシャフト2に固定すべき円筒状の磁歪材8を中間スリーブ7を介してシャフト2に外嵌させている。中間スリーブ7には磁歪材8が外嵌される部位に複数の窓穴7aが周方向に沿って等間隔に形成されている。シャフト2は磁歪材8が固定される部位において同一径を有しており、窓穴7aによって磁歪材8とシャフト2との間に空隙部Pが形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検出軸の外周面に固定された磁歪材と、該磁歪材を通る磁束を発生させる磁束発生手段と、前記被検出軸に作用するトルクに応じて前記磁歪材が歪むことによる前記磁束の変化を検出するための検出手段とを備えたトルクセンサにおいて、前記磁歪材と前記被検出軸の外周面との間には空隙部が形成されているトルクセンサ。

【請求項2】 前記磁歪材の下面が前記空隙部に接している請求項1に記載のトルクセンサ。

【請求項3】 前記磁歪材は前記被検出軸に外嵌された円筒軸の外周面に固定されており、前記空隙部は、前記円筒軸に形成された貫通穴あるいは凹部によって少なくとも形成されている請求項1又は請求項2に記載のトルクセンサ。

【請求項4】 前記貫通穴あるいは前記凹部は、前記磁気回路を作る磁束を分断するように前記円筒軸に形成されている請求項3に記載のトルクセンサ。

【請求項5】 前記被検出軸は前記磁歪材が固定される領域で同一径を有する請求項1～請求項4のいずれか一項に記載のトルクセンサ。

【請求項6】 前記被検出軸には前記磁歪材が固定される領域にくびれ部が形成されており、前記磁歪材が前記くびれ部を跨るように設けられることにより前記空隙部の少なくとも一部が形成されている請求項1～請求項4のいずれか一項に記載のトルクセンサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被検出軸に作用するトルクを歪み磁気特性を利用して検出する磁歪式のトルクセンサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】この種の磁歪式のトルクセンサは、シャフトの外周面に固定された磁歪材がシャフトに働くトルクによって捻じれて歪むことによりその透磁率がトルクに応じて変化し、この透磁率変化に応じた磁束変化に基づいて検出用コイルに誘導される誘導起電力からトルクを検出するようになっている（例えば特開平5-118938号公報、特開昭59-77326号公報等）。

【0003】従来、シャフトに磁歪材を固定する取着構造には、図13に示す非トーションバー方式と、図14に示すトーションバー方式とが知られていた。非トーションバー方式では、図13(a)に示すようにシャフト51の外周面に磁歪スリーブ52を直接外嵌する構造と、図13(b)に示すようにシャフト51に中間スリーブ53を介して磁歪材54を外嵌させる構造とがある。中間スリーブ53は、磁歪材54がシャフト51に対して心出しされる程度にその加工精度を厳しくしておくことで、トルクセンサを使用するユーザに対してシャフト51の加工精度を厳しく要求しなくて済むように使

用される。また、図14に示すトーションバー方式では、シャフト51の径を細くしたくびれ部51aに磁歪スリーブ52が外嵌されている。くびれ部51aはシャフト51の剛性を小さくすることを目的に形成されるもので、くびれ部51aを形成することで一定トルクに対する磁歪スリーブ52の歪み率を大きくでき、トルクセンサの検出感度を向上させることができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、磁歪材（磁歪スリーブ）52、54を通る有効磁束は、シャフト51、中間スリーブ53及び磁歪材（磁歪スリーブ）52、54の総断面積に対する磁歪材52、54の占める断面積比率（有効断面積）に依存する。図13に示した非トーションバー方式では、シャフト51の断面積比率が大きく磁歪材（磁歪スリーブ）52、54の有効断面積が小さいために有効磁束が少なくなって、トルクセンサに高い検出感度を期待でき難いという問題があった。

【0005】また、図14に示したトーションバー方式では、磁歪スリーブ52が外嵌されたくびれ部51aでシャフト51の断面積比率が小さく磁歪スリーブ52の有効断面積を相対的に大きくできるので、有効磁束を増やすことができる。このため、トーションバー方式を採用すれば、くびれ部51aによる剛性の低下要因と有効磁束の増加要因との両面から、非トーションバー方式に比べてトルクセンサの検出感度を高くできる。しかし、それでも検出感度はまだ十分でなかった。このため、トルクセンサの検出感度のさらなる向上が従来から要望されていた。

【0006】また、中間スリーブ53を使用する構造では、中間スリーブ53を磁束が通って磁歪材54を通る有効磁束が相対的に減ってしまうため、トルクセンサの検出感度を低下させるという問題もあった。

【0007】また、磁歪材（磁歪スリーブ）52、54はシャフト51や中間スリーブ53の外周面に密接に固定されているため、シャフト51がトルクによって捻じれた際に磁歪材52、54に径方向に作用する応力の逃げ場がなくなり、磁歪材52、54が面外圧縮を受けて径方向に膨らんでたわむように歪むことがあった。磁歪材52、54が面外圧縮を受けると、トルクセンサの検出信号が非線形性の信号となって検出精度の低下に繋がるという問題があった。

【0008】さらにトーションバー方式では、シャフト51にくびれ部51aを形成する必要があるため、トルクセンサを使用するユーザにくびれ部51aを形成するという余分な加工を要求しなければならないという問題があった。

【0009】本発明は上記問題点を解消するためになされたものであって、その第1の目的は磁歪材を通る有効磁束を増やして検出感度を向上させることができるトルクセンサを提供することにある。第2の目的は、磁歪材

が面外圧縮を受け難くして検出信号の非線形性を防止し、トルクセンサの検出精度を高めることにある。第3の目的は、被検出軸に円筒軸を介して磁歪材を固定した構造としても、磁歪材を通る有効磁束をさほど減らさず済ませることにある。第4の目的は、トルクセンサを使用するユーザに被検出軸にくびれ部などのための余分な加工を強いることなく、磁歪材の有効磁束を増やしてトルクセンサの検出感度を向上させることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために請求項1に記載の発明では、被検出軸の外周面に固定された磁歪材と、該磁歪材を通る磁束を発生させる磁束発生手段と、前記被検出軸に作用するトルクに応じて前記磁歪材が歪むことによる前記磁束の変化を検出するための検出手段とを備えたトルクセンサにおいて、前記磁歪材と前記被検出軸の外周面との間には空隙部が形成されている。

【0011】第2の目的を達成するために請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の発明において、前記磁歪材の下面が前記空隙部に接している。請求項3に記載の発明では、請求項1又は請求項2に記載の発明において、前記磁歪材は前記被検出軸に外嵌された円筒軸の外周面に固定されており、前記空隙部は、前記円筒軸に形成された貫通穴あるいは凹部によって少なくとも形成されている。

【0012】第3の目的を達成するために請求項4に記載の発明では、請求項3に記載の発明において、前記貫通穴あるいは前記凹部は前記磁気回路を作る磁束を分断するように前記円筒軸に形成されている。

【0013】第4の目的を達成するために請求項5に記載の発明では、請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の発明において、前記被検出軸は前記磁歪材が固定される領域で同一径を有する。

【0014】請求項6に記載の発明では、請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の発明において、前記被検出軸には前記磁歪材が固定される領域にくびれ部が形成されており、前記磁歪材が前記くびれ部を跨るように設けられることにより前記空隙部の一部が形成されている。

【0015】(作用) 従って、請求項1に記載の発明によれば、被検出軸に作用するトルクによって磁歪材が歪むと、磁束発生手段により磁歪材を通るように形成された磁束に変化が現れ、この被検出軸に作用したトルクに応じた磁束の変化が検出手段により検出される。磁歪材と被検出軸の外周面との間に形成された空隙部によって、被検出軸と磁歪材との総断面積に対する磁歪材の断面積の占める比率、つまり有効断面積が増加するので、磁歪材を通る磁束の割合が増えることになる。また、空隙によって磁歪材が固定された部分で被検出軸の剛性が小さくなり、被検出軸に作用する単位トルク当たりの磁

歪材の歪み率が相対的に大きくなる。このため、磁束が通る磁歪材の有効断面積の増加要因と、被検出軸の剛性低下による磁歪材の歪み率の増加要因とにより、トルクセンサの検出感度が高められる。

【0016】請求項2に記載の発明によれば、被検出軸にトルクが作用したときに磁歪材に被検出軸の径方向の応力が働いても、その応力は磁歪材が下面で接した空隙部で緩和されるので、磁歪材に面外圧縮が作用し難くなる。

【0017】請求項3に記載の発明によれば、被検出軸に外嵌された円筒軸に形成された貫通穴あるいは凹部により空隙部の一部が少なくとも形成される。このため、空隙部により、磁歪材の有効断面積が増えたとともに被検出軸の剛性が低下して磁歪材の歪み率が大きくなる。また、磁歪材の下面が空隙部に接するので、磁歪材に面外圧縮が作用し難くなる。

【0018】請求項4に記載の発明によれば、円筒軸に設けられた貫通穴あるいは凹部によってできた空隙部が磁気回路を作っている磁束を分断するように形成されるため、円筒軸の磁気抵抗が大きくなって円筒軸に磁束が通り難くなる。このため、円筒軸を介して磁歪材を設けても有効磁束を多く確保し易くなる。

【0019】請求項5に記載の発明によれば、被検出軸が磁歪材が固定される領域で同一径を有するので、被検出軸にくびれ部などの加工をしなくてよい。請求項6に記載の発明によれば、磁歪材が被検出軸に形成されたくびれ部に跨るように設けられることにより、空隙部の一部が形成される。

【0020】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態) 以下、本発明を具体化した第1実施形態を図1～図4に従って説明する。

【0021】図4はトルクセンサ1が組付けられた部分における断面図である。被検出軸としてのシャフト2は、略円筒状のハウジング3の内部に捜通された状態でベアリング4を介して回転可能に支持されている。トルクセンサ1はシャフト2に外嵌された磁歪特性を有する被検出部5と、被検出部5の歪みによる磁気的変化を検出するための検出部6とから構成される。

【0022】被検出部5は、図3、図4に示すように、シャフト2に外嵌された円筒軸としての中間スリーブ7と、さらに中間スリーブ7に外嵌された円筒状の磁歪材8とからなる。磁歪材8は中間スリーブ7を介してシャフト2に対して一体回転可能に溶接されている。磁歪材8は磁気歪み効果を有するものであって、パーマロイ、鉄・ニッケル・クロム合金、Ni-SpanC等の高透磁率軟磁性材料が使用される。磁歪材8の表面(磁歪膜領域)は、多数の切欠溝8aが軸心方向に45°と-45°をなして周方向に等間隔に形成されたA領域とB領域(図3参照)との2つの被検出領域に分けられている。

なお、磁歪材8には、鉄-アルミニウム系の磁歪材料、モルファス磁歪材料を使用することもできる。

【0023】検出部6は、図4に示すようにシャフト2に対して2つのベアリング（ラジアルベアリング）9を介して両端にて支持されて相対回転可能に配置された略円筒状のヨーク10を備える。ヨーク10の内周面には磁歪材8の2つの被検出領域にそれぞれ対向する位置に2つの凹部が形成され、各凹部には内側に励磁用コイル11が、外側に検出用コイル12がそれぞれ巻回されたボビン（図示せず）がそれぞれ収納されている。このため、軸方向二箇所に位置する各コイル11、12は磁歪材8の表面上の2つの被検出領域に対向して配置されている。ヨーク10がベアリング9を介してシャフト2に支持されていることから、ヨーク10の内周面と磁歪材8の外周面とのギャップがシャフト2がハウジングに対して偏心運動をしても必要なほど一定に保たれるようになっている。なお、励磁用コイル11が磁束発生手段を構成し、検出用コイル12が検出手段を構成している。

【0024】励磁用コイル11は交流電源13に接続され、検出用コイル12は公知の処理回路14に接続されている。処理回路14は、励磁用コイル11に所定周波数（Hz）の交流電流を流す制御を行う。励磁用コイル11に交流電流が流れることにより、ヨーク10→磁歪材8→ヨーク10を磁束が通る2つの磁気回路が、A領域とB領域のそれぞれに対して形成される。磁歪材8を通る磁束は、切欠溝8aにより分断された各領域を切欠溝8aに沿うように、磁歪材8の軸線方向に対して45°または-45°の傾き方向をとる。この磁束の変化により検出用コイル12に誘導される誘導起電力が処理回路14に出力されるようになっている。

【0025】2つの検出用コイル12から出力される各誘導起電力は、磁歪材8のA領域とB領域における歪み、すなわちシャフト2のトルクに比例する。シャフト2にトルクが作用したとき、その際の回転方向に応じてA領域とB領域には一方に圧縮力が他方に引張力が作用する。磁歪材8は、引張力が作用すると透磁率が大きくなり、圧縮力が作用すると透磁率が小さくなる。このため、各検出用コイル11、12からの誘導起電力は、引張力が働いた被検出領域を検出する側で大きく、圧縮力が働いた被検出領域を検出する側で小さくなる。

【0026】処理回路14は、両検出用コイル12から入力した誘導起電力を差動回路（図示せず）で減算し、その減算した信号を内部に設けられた整流回路等で整流して公知の回路でトルクの値を求めるようになっている。差動回路で減算するのは、温度変化等による外乱ノイズを相殺して補償することで、精度の高いトルク検出を行うためである。検出用コイル12からの出力信号は、シャフト2にトルクがかかっていないときに処理回路14が零トルクを検出するようにレベル設定されている。そして、処理回路14は検出信号の信号レベルが零

レベルに対して正側にどれだけの値をとるか、負側にどれだけの値をとるかによって、トルクの大きさ及び方向を検出するようになっている。

【0027】本実施形態では検出部6を構成する中間スリーブ7に特徴を有する。図2に示すように、中間スリーブ7には、磁歪材8の同図に鎖線で示す外嵌位置に相当する軸方向中央部位に、複数の貫通穴としての窓穴7aが周方向に沿って等間隔に形成されている。窓穴7aの軸方向幅は、ヨーク10の軸方向二箇所に位置する各コイル11、12が対向するに十分な長さに設定されている。

【0028】図1に示すように、磁歪材8を外嵌する中間スリーブ7がシャフト2に外嵌された状態では、シャフト2の外周面と磁歪材8の内周面の間に窓穴7aによる空隙部Pが形成されている。なお、中間スリーブ7を介する構造としたのは、中間スリーブ7の寸法精度を一定レベル以上に確保しておくことにより、シャフト2の加工精度をさほど厳しくしなくても、磁歪材8がシャフト2に対して心出しされ、トルクセンサ1の検出精度を安定させられるようにするためである。よって、中間スリーブ7はこの目的を満たし得る寸法精度で加工されている。

【0029】次に、このトルクセンサ1の作用を説明する。トルクセンサ1の作動中は、交流電源13から励磁用コイル11に一定の振幅および周波数の交流電流が流され、磁束がヨーク10→磁歪材8→ヨーク10を通る2つの磁気回路が形成される。シャフト2に回転力が加えられてトルクが発生すると、磁歪材8を軸方向に分けるA領域とB領域は、それぞれ一方が圧縮力を他方が引張力を受ける。このため、A領域とB領域の磁束の変化を検出する各検出用コイル12には、引張力を受けた被検出領域を検出する側で大きな、圧縮力を受けた被検出領域を検出する側で小さくなるようなシャフト2のトルクに比例する誘導起電力が発生する。

【0030】2つの検出用コイル12に誘導された誘導起電力は処理回路14に入力される。処理回路14は、各検出用コイル12から入力電圧を差動回路で減算し、その減算した信号を内部に設けられた整流回路等で整流して公知の回路でトルクの値を求める。

【0031】ところで、2つの磁気回路を形成するように磁歪材8を通る磁束は、切欠溝8aで分断された間の領域を45°あるいは-45°の方向に斜めに通る。このため磁歪材8における磁束の向きは周方向成分をもつ。そして、中間スリーブ7には周方向に沿って複数の窓穴7aが磁気回路に相当する部位に形成されているため、窓穴7aによってできた空隙部Pにより中間スリーブ7が磁気的に絶縁され、その磁気抵抗が大きくなる。このため、中間スリーブ7に磁束が通り難くなり、その分だけ磁歪材8を通る磁束の割合が増えることになって、トルクの検出感度に寄与する磁歪材8を通る磁束

(有効磁束)が相対的に増加することになる。

【0032】また、中間スリーブ7に形成された窓7aによってできた空隙部Pにより、磁束が通ることが出来る金属材料部分、すなわちシャフト2、中間スリーブ7及び磁歪材8の総断面積に対して磁歪材8の断面積が占める比率(つまり有効断面積)が増えることになる。このため、有効断面積の増加の点からも磁歪材8を通る磁束の割合が増え、有効磁束が増加することになる。

【0033】さらに中間スリーブ7の剛性は窓7aによってできた空隙部Pにより相対的に小さくなる。このため、シャフト2にトルクが作用したときの磁歪材8の歪み易さ、すなわち単位トルク当たりの磁歪材8の歪み率が相対的に大きくなる。従って、磁歪材8の歪み率の増大によって、単位トルク当たりの有効磁束の変化量が大きくなる。よって、磁歪材8を通る有効磁束の増加要因と、有効磁束の単位トルク当たりの変化量の増大要因とから、トルクセンサ1の検出感度が高くなる。

【0034】また、シャフト2にトルクが作用した際に磁歪材8の径方向にかかる応力は、窓7aによる空隙部Pで緩和される。このため、磁歪材8に面外圧縮が働き難くなる。この結果、トルクセンサ1の検出信号が非線形性を有するようになる不具合が防止される。

【0035】また、本実施形態では、ヨーク10がシャフト2に対してベアリング9を介して回転可能に支持された構造であるため、シャフト2がハウジング3内を偏心して回転するようなことがあっても、ヨーク10と磁歪材8とのギャップがほぼ一定に保たれる。

【0036】例えばヨークをハウジングに固定する従来知られた構造では、シャフトの偏心運動によりヨークと磁歪材とのギャップが変動して検出精度が低下する恐れがあるため、これを回避するためシャフトのハウジングに対する心出しに厳しい条件が要求される。また、シャフトをハウジングに対して偏心しないように組付けても、ハウジングの加工精度によってはその内周面に固定したヨークに位置のばらつきが発生して、ヨークと磁歪材とのギャップが変動することも起こり得るため、ハウジングの加工精度を厳しくしたり、ベアリング4をヨークの近くに配置するなどの対策が必要になる。そして、これらの対策は、トルクセンサ1のユーザ側で打たなければならない。しかし、本実施形態によれば、ヨーク10がシャフト2に相対回転する構造であって、ギャップがほぼ一定に保たれるため、ハウジング3の加工精度をユーザに厳しく要求しなくて済み、ベアリング4もユーザが所望する位置に自由に配置することができる。

【0037】以上詳述したようにこの実施形態によれば、次の効果が得られる。

(1) 中間スリーブ7にその周方向に複数の窓7aを設け、磁歪材8の内周面とシャフト2の外周面との間に空隙部Pを設けたので、磁歪材8の有効断面積を大きくして磁歪材8を通る有効磁束を多くすることができる。

また、中間スリーブ7を周方向に通ろうとする磁束が窓7aによる空隙部Pに遮断され、中間スリーブ7の磁気抵抗が大きくなって磁束が通り難くなるので、この点からも磁歪材8を通る有効磁束を多くすることができる。さらに、窓7aの形成により中間スリーブ7の剛性が低減するので、シャフト2に作用するトルクによる磁歪材8の歪み率を大きくでき、トルク変化に対する検出用コイル12の誘導起電力の変化割合を大きくすることができる。よって、これらの3つの効果により、検出用コイル12から出力される信号のS/N比を向上させ、トルクセンサ1の検出感度を向上させることができる。

【0038】(2) シャフト2にトルクが作用した際に磁歪材8に働く径方向の応力が窓7aによる空隙部Pで緩和され、磁歪材8が面外圧縮を受け難くなるので、トルクセンサ1の検出信号の非線形性を防止することができる。

【0039】(3) トルクセンサ1は円柱状のシャフト2に組付けられるので、ユーザにくびれ部の形成などの余分な加工を要求しなくても、トルクセンサ1の検出精度を高く確保することができる。

【0040】(4) ヨーク10をシャフト2に対してベアリング9を介して相対回転可能に支持したので、シャフト2に外嵌された磁歪材8とヨーク10との間のギャップをシャフト2の偏心やハウジング3の加工精度によらず、常にほぼ一定に保つことができ、トルクセンサ1の検出精度を高く確保できる。また、ギャップを一定に保てることから、トルクセンサ1のユーザに対してハウジング3の加工精度を厳しく要求しなくて済み、またベアリング4の位置をユーザが自由に設定することができる。

【0041】(第2実施形態)次に本発明を具体化した第2実施形態を説明する。この実施形態は、第1実施形態で使用した中間スリーブ7をより広い空隙部Pが確保されるような形状にしたものである。

【0042】図5に示すように、中間スリーブ7の外周面中央部には周方向に亘る凹部(くびれ部)7bが形成されている。そして、凹部7bの底面に複数の窓7aが周方向に等間隔に形成されている。

【0043】図6に示すように、シャフト2に外嵌された中間スリーブ7には、その軸方向中央位置に円筒状の磁歪材8が外嵌されている。磁歪材8は凹部7bを跨ぐように配置されている。このため、窓7aによってできた空隙部P1と、凹部7bによってできた空隙部P2とにより、第1実施形態の構成に比べてより広い空隙部Pが確保される。よって、トルクセンサ1の検出感度を決める磁束の通る有効断面積がさらに増え、しかも中間スリーブ7の剛性がさらに低下して単位トルク当たりの磁歪材の歪み率もさらに向上する。また、磁歪材8はその軸方向中央部分における内周面全体で凹部7bによ

てできた空隙部P2に接するので、磁歪材8に径方向に作用する応力が緩和され易くなる。

【0044】よって、この実施形態によれば以下の効果が得られる。

(1) 中間スリーブ7の外周面に複数の窓7aに加え、周方向に亘る凹部(くびれ部)7bを形成したので、磁歪材8とシャフト2との間により広い空隙部Pを確保でき、磁歪材8の有効磁束のさらなる増加、中間スリーブ7のさらなる剛性低下を実現できる。従って、第1実施形態に比べ、トルクセンサ1の検出感度を一層向上させることができる。

【0045】(2) 凹部7bによって磁歪材8と中間スリーブ7との間にできた空隙部P2に、磁歪材8がその内周面ほぼ全体(少なくともその軸方向において磁気回路が形成される領域を含む内周面部位)で接するので、磁歪材8に径方向に働く応力を空隙部P2で一層確実に緩和でき、磁歪材8の面外圧縮による検出信号の非線形性を一層抑えることができる。

【0046】その他、第1実施形態において(3)、(4)で述べた効果が同様に得られる。

(第3実施形態)次に本発明を具体化した第3実施形態を説明する。

【0047】この実施形態は、第1実施形態におけるシャフト2において中間スリーブ7を嵌合する部位にくびれ部を形成したものである。図7に示すように、シャフト2はトルクセンサ1を装着する部位で外周径が細く形成されたくびれ部2aを有している。中間スリーブ7はくびれ部2aに跨るようにシャフト2に外嵌されている。円筒状の磁歪材8は中間スリーブ7の外周面に窓7aを塞ぐ状態で外嵌されている。このため、磁歪材8の内周面側には、窓7aによってできる空隙部P1とくびれ部2aによってできる空隙部P3とが形成され、第2実施形態よりかなり広い空隙部Pが確保される。

【0048】この構成によれば、第2実施形態に比べ、くびれ部2aによる空隙P3が増えて磁歪材8の有効断面積が増加することから、磁歪材8を通る有効磁束が一層増えることになる。また、くびれ部2aによってシャフト2の剛性が低下するので、シャフト2に一定トルクが作用した際の磁歪材8の歪み率がより向上する。よって、トルクセンサ1の検出感度を第2実施形態よりもさらに一層高めることができる。また、中間スリーブ7の径方向の応力が空隙P3によって緩和されるので、磁歪材8が中間スリーブ7から径方向に受ける応力が相対的に小さくなり、磁歪材8の面外圧縮が一層抑えられる。よって、検出信号の非線形性を一層防止できる。

【0049】なお、実施形態は上記に限定されず、以下のようにしてもよい。

(n) 図8に示すように、中間スリーブ7のくびれ部7cだけによって空隙部を形成してもよい。磁歪材8はくびれ部7cに跨るように設けられている。この構成に

よっても、くびれ部7cによる空隙部Pによって有効磁束の増加、トルク当たりの磁歪材8の歪み率の増加により、ユーザにシャフト2のくびれ加工を要求することなく、トルクセンサ1の検出感度を高めることができる。また磁歪材8が径方向に受ける応力を空隙部Pで緩和し、磁歪材8に面外圧縮がかかり難いので、検出信号の非線形性を防止できる。

【0050】(m) 図9に示すように、磁歪材8を一定の厚みを保持したまま両端に脚部8bをつけ、磁歪材8をシャフト2の外周面上にブリッジさせた構造としてもよい。磁歪材8の内周面には両端にある2つの脚部8bによりその間に凹部8cが形成される。この構成によっても、ユーザにシャフト2のくびれ加工を要求することなく、磁歪材8とシャフト2の間に空隙部Pができるので、この空隙部Pにより、有効磁束の増加、磁歪材8の剛性低下、磁歪材8の面外圧縮の抑制が図られる。よって、トルクセンサ1の検出感度の向上、及び信号の非線形性の防止を図ることができる。

【0051】(p) 図10に示すように、中間スリーブ7の内周面に凹部7dを形成することにより、シャフト2のくびれ部2aと中間スリーブ7との間にできる空隙部Pをより広く確保できるようにしてもよい。この構成によれば、磁歪材8を通る有効磁束を増やすことができ、しかもシャフト2と中間スリーブ7との両方の剛性を低下できる。よって、トルクセンサ1の検出感度を高めることができる。

【0052】(r) 図11に示すように、シャフト2のくびれ部2aに中間スリーブ7を跨るように外嵌させた構成としてもよい。また、図12に示すように、磁歪材料からなる磁歪材としての磁歪スリーブ15をシャフト2のくびれ部2aに跨るように外嵌させた構成としてもよい。これらの構成によれば、磁歪材8や磁歪スリーブ15の有効断面積を増やすことで有効磁束を増やすとともに、シャフト2の剛性をくびれ部2aにより小さくして磁歪材8や磁歪スリーブ15の単位トルク当たりの歪み率を大きくし、トルクセンサ1の検出感度を高めることができる。よって、図11及び図12の構造を採用した場合も、従来技術で述べた構造に比べ、トルクセンサ1の検出感度を向上させることができる。

【0053】(q) 中間スリーブ7にその周方向に複数の窓7aを設ける代わりに、軸長の短い2個の中間スリーブをシャフト2に外嵌させて凹部を形成し、これら2個の中間スリーブの外周面に磁歪材8を内周面両端にて嵌合し、磁歪材8とシャフト2との間に空隙部を形成してもよい。

【0054】(t) 第2実施形態の中間スリーブ7をシャフト2のくびれ部2aに外嵌させた構成としてもよい。この構成によれば、第2実施形態に比べ、くびれ部2aにより空隙部をさらに広く確保でき、有効磁束を一層増やせる。また、シャフト2の剛性がくびれ部2aに



よってさらに小さくできる。よって、トルクセンサ1の検出感度をさらに一層高めることができる。

【0055】(s)ヨーク10を支持するためのベアリング9が中間スリーブ7の外周面に外嵌された構造としてもよい。この構成によれば、ベアリング9をシャフト2のスラスト方向にずれないように位置規制するための規制部を中間スリーブ7に形成しておくことができ、ユーザに対し、ヨーク10のスラスト方向への位置ずれを防止する規制部をシャフト2に形成することを要求しなくて済む。仮に中間スリーブ7がシャフト2に対してスラスト方向にずれても、磁歪材8とヨーク10とが一体的にスラスト方向にずれて両者の相対位置関係が保たれるので、トルクセンサ1の検出精度をさらに向上させることができる。

【0056】(k)磁歪材8をその表面に切欠溝8aのない平滑スリーブとし、平滑スリーブをクロスヘッド型ピックアップで検出する構成を採用してもよい。前記各実施形態から把握される請求項に係る発明以外の技術的思想をその効果とともに以下に記載する。

【0057】(イ)請求項1又は請求項2に記載の発明において、前記被検出軸に凹部が形成されており、前記磁歪材が前記凹部を跨ぐように設けられることにより前記空隙部が形成されている。この構成によれば、被検出軸に形成された凹部を跨ぐ磁歪材の内側にできた空隙部によって、有効磁束の増加、被検出軸の剛性の低下が得られ、トルクセンサの検出感度を向上させることができる。

【0058】(ロ)請求項5において、前記磁歪材を通る磁束の通り道は周方向成分をもち、前記貫通穴は前記円筒軸にその周方向に沿って複数形成されている。この構成によれば、周方向に通ろうとする磁束は円筒軸の貫通穴によって絶縁され、円筒軸に磁束が通り難くなる。よって、請求項5と同様の効果が得られる。

【0059】(ハ)請求項4又は請求項5において、前記円筒軸は、前記貫通穴と、その外周面に円筒状の前記磁歪材が跨って外嵌されるように形成されたくびれ部とを有する。この構成によれば、貫通穴によって円筒軸の磁気抵抗の増加が図られ、しかも磁歪材がくびれ部によってできた空隙部に内周面全体で接することができ、磁歪材が面外圧縮を受け難くできる。

【0060】

【発明の効果】以上詳述したように請求項1に記載の発明によれば、磁歪材と被検出軸の外周面との間に空隙部を形成し、空隙部によって、磁歪材の有効断面積を増加させて有効磁束を増やすとともに、被検出軸の剛性を小さくして単位トルク当たりの磁歪材の歪み率を大きくしたので、トルクセンサの検出感度を高めることができる。

【0061】請求項2に記載の発明によれば、被検出軸にトルクが作用したときに磁歪材に被検出軸の径方向の

応力が緩和されるように、磁歪材の下面に接するように空隙部を設けたので、磁歪材に面外応力が作用し難くなって、検出手段により検出される信号の非線形性を防止できる。

【0062】請求項3に記載の発明によれば、被検出軸に外嵌された円筒軸に設けた貫通穴あるいは凹部によって、少なくとも空隙部の一部が形成されるので、空隙部により、請求項2に記載の発明と同様にトルクセンサの検出感度を高めるとともに、検出信号の非線形性を防止して検出精度を高めることができる。

【0063】請求項4に記載の発明によれば、円筒軸に設けられた貫通穴あるいは凹部によってできた空隙部が磁束の通り道を分断し、円筒軸の磁気抵抗を大きくするので、円筒軸を介して磁歪材を設けても磁歪材を通る有効磁束をさほど減らさずに済む。

【0064】請求項5に記載の発明によれば、被検出軸が磁歪材が固定される領域で同一径を有するので、被検出軸にくびれ部などの加工をしなくて済む。請求項6に記載の発明によれば、磁歪材が被検出軸に形成されたくびれ部に跨るように設けられて空隙部の一部が形成されるので、空隙部をより広く確保でき、トルクセンサの検出感度を一層高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態におけるトルクセンサの部分断面図。

【図2】中間スリーブと磁歪材を示す斜視図。

【図3】シャフトと中間スリーブ及び磁歪材とを示す斜視図。

【図4】トルクセンサがシャフトに装着された状態を示す断面図。

【図5】第2実施形態における中間リングを示す斜視図。

【図6】トルクセンサの部分断面図。

【図7】第3実施形態におけるトルクセンサの部分断面図。

【図8】別例のトルクセンサの部分断面図。

【図9】図8と異なる別例のトルクセンサの部分断面図。

【図10】図9と異なる別例のトルクセンサの部分断面図。

【図11】図10と異なる別例のトルクセンサの部分断面図。

【図12】図11と異なる別例のトルクセンサの部分断面図。

【図13】従来技術におけるトルクセンサの部分断面図。

【図14】同じくトルクセンサの部分断面図。

【符号の説明】

1…トルクセンサ、2…被検出軸を構成するシャフト、2a…くびれ部、7…円筒軸としての中間スリーブ、7

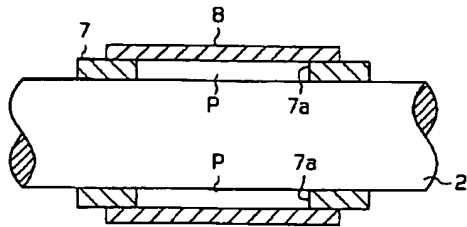
13

14

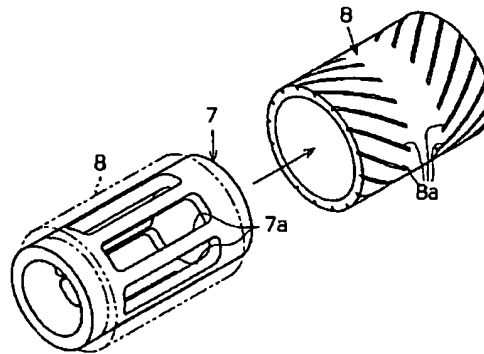
a…貫通穴としての窓穴、7b…凹部、7c…凹部としてのくびれ部、8…磁歪材、8c…凹部、11…磁束発生手段としての励磁用コイル、12…検出手段としての\*

\* 検出用コイル、15…磁歪材としての磁歪スリーブ、P…空隙部。

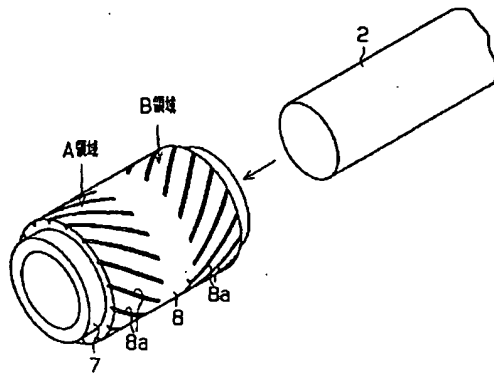
【図1】



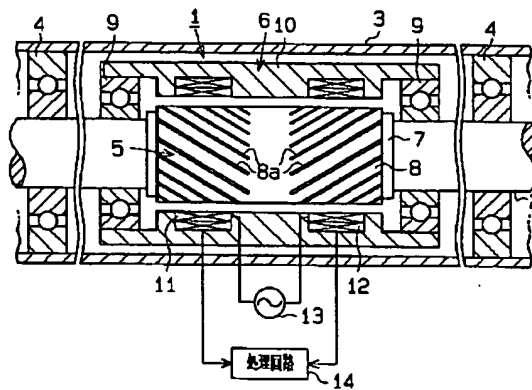
【図2】



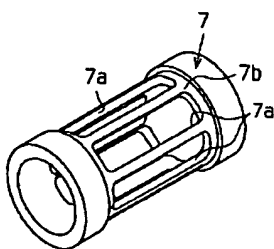
【図3】



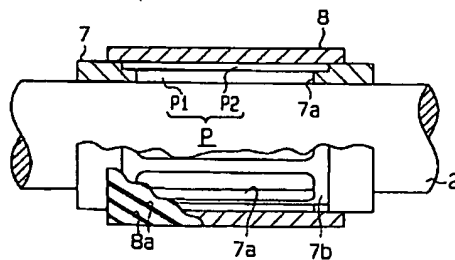
【図4】



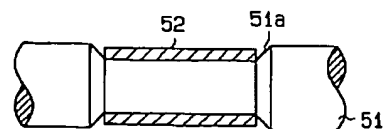
【図5】



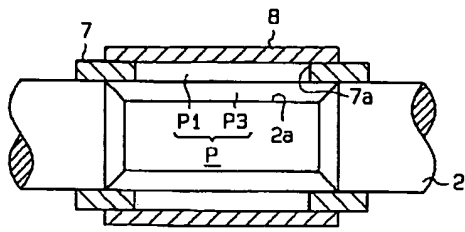
【図6】



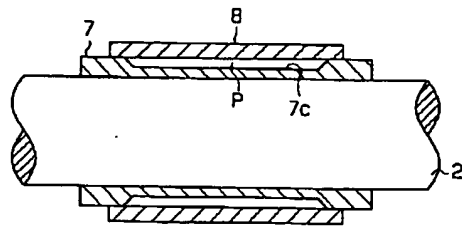
【図14】



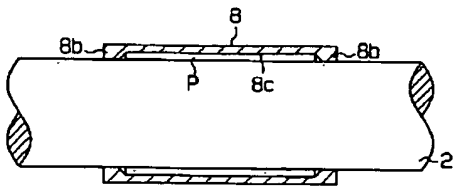
【図7】



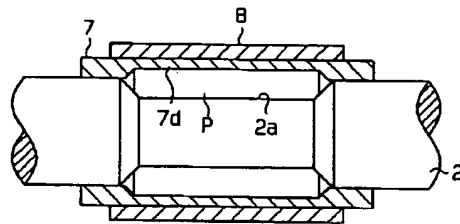
【図8】



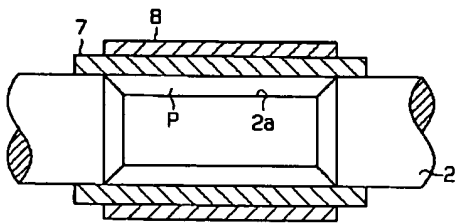
【図9】



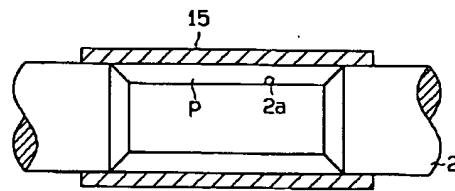
【図10】



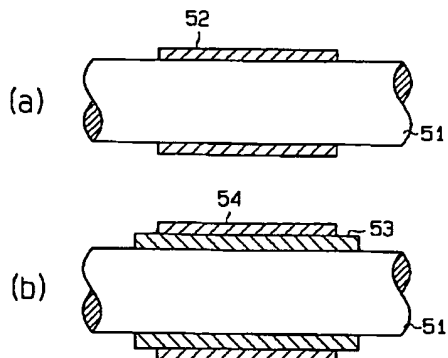
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 勝章

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会  
社豊田自動織機製作所内